

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2005年2月24日 (24.02.2005)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2005/018049 A1

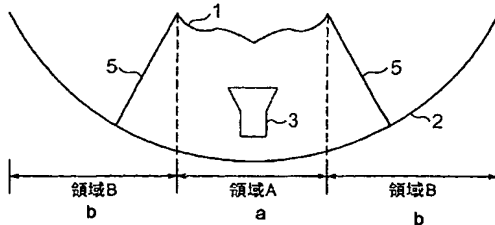
- (51) 国際特許分類⁷: H01Q 19/19 (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 稲沢 良夫 (INASAWA, Yoshio) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 黒田 晋嗣 (KURODA, Shinji) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 小西 善彦 (KONISHI, Yoshiko) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 牧野 滋 (MAKINO, Shigeru) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 草壁 健児 (KUSAKABE, Kenji) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 内藤 出 (NAITO, Izuru) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/016776
- (22) 国際出願日: 2003年12月25日 (25.12.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2003-292760 2003年8月13日 (13.08.2003) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱電機株式会社 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 Tokyo (JP).

[続葉有]

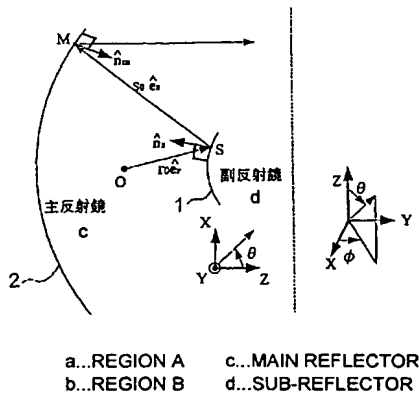
(54) Title: REFLECTOR ANTENNA

(54) 発明の名称: 反射鏡アンテナ装置

(a)



(b)



(57) Abstract: A reflector antenna comprising a sub-reflector (1) for receiving a radio wave radiated from the opening of a primary radiator (3) and reflecting it, and a main reflector (2) for receiving the radio wave reflected from the sub-reflector (1) and radiating it into the space. Shapes of the sub-reflector (1) and the main reflector (2) are designed such that the power in a region of the main reflector (2) where the sub-reflector (1) is projected in parallel with the radiating direction of the main reflector (2) is not higher than a first threshold level and the radiation pattern of the antenna dependent on other region of the main reflector (2) has desired characteristics.

(57) 要約: 反射鏡アンテナ装置は、一次放射器3が開口部から放射する電波を受けて、当該電波を反射する副反射鏡1と、副反射鏡1が反射する当該電波を受けて、当該電波を空間に放射する主反射鏡2とを備えている。副反射鏡1および主反射鏡2の形状は、副反射鏡1を主反射鏡2による電波の放射方向と平行に主反射鏡2上に投影した主反射鏡2の領域における電力が所定の第1のしきい値以下で、かつ、上記領域以外の主反射鏡2の領域によって決定されるアンテナの放射パターンが所望の特性になるように設計されている。



(74) 代理人: 曾我 道照, 外(SOGA, Michiteru et al.); 〒 添付公開書類:
100-0005 東京都千代田区丸の内三丁目1番1号国 ー 国際調査報告書
際ビルディング8階曾我特許事務所 Tokyo (JP).

(81) 指定国 (国内): JP, US.

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, 2文字コード及び他の略語については、定期発行される
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, 各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語
NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR). のガイダンスノート」を参照。

明 細 書

反射鏡アンテナ装置

技術分野

この発明はアンテナ装置に関し、特に、2枚の鏡面からなる反射鏡アンテナ装置に関するものである。

背景技術

2枚の反射鏡からなる従来の反射鏡アンテナ装置としては、例えば、Tom Milligan 著、“A Simple Procedure for the Design of Classical Displaced-Axis Dual-Reflector Antennas Using a Set of Geometric Parameters”、IEEE Antennas and Propagation Magazine、1999年12月、Vol.41, No.6, pp.64-72に示されているものがある。その一例を図12に示す。図12に示すように、一次放射器3から放射された電磁波は、副反射鏡1で反射され、さらに主反射鏡2で反射されて、空間に電磁波を放射する。また、幾何光学的には一次放射器3の位相中心4から放射した電磁波は、4-P-Q-R、4-U-V-Wの経路をとるように、副反射鏡1および主反射鏡2の形状が決定されているため、副反射鏡1を主反射鏡2による電波の放射方向と平行に主反射鏡2上に投影した領域Aには幾何光学的には電波は到達しない。

また、他の従来の反射鏡アンテナとして、例えば、野本真一、他1名、「小口径オフセット双反射鏡アンテナの鏡面修整法」、電子情報通信学会論文誌、1988年11月、B Vol. J71-B, No. 11, pp. 1338-1344に示されるように、幾何光学的な設計ではなく、物理光学法に基づき、波動的な影響を考慮して設計した反射鏡も提案されている。この反射鏡アンテナにおいては、物理光学法に基づいて、波動的な影響を考慮して放射パターンを求め、利得とサイドローブ双方の性能を非線形最適化手法を用いて最適化している。

図12に示す従来の反射鏡アンテナ装置では幾何光学的には領域Aに電波が到来しないが、実際には電磁波の波動的性質により電波が到来する。この現象は副

反射鏡 1 の大きさが波長比で小さくなるにつれて顕著になる。一次放射器 3 から放射された電磁波が副反射鏡 1 で反射し、領域 A に到来する電磁波の影響によって、一次放射器 3 による散乱波、あるいは、主反射鏡 2 と副反射鏡 1 間の多重反射波など望ましくない寄与を生じ、アンテナの特性劣化を引き起こすという問題点があった。

また、上述の非特許文献 2 では、物理光学法に基づく鏡面修整でアンテナを設計しているが、アンテナの性能のみを評価関数にして設計しており、幾何光学的には到来しないはずの領域の電磁波の影響による性能劣化を引き起こすリスクについては考慮されていないという問題点があった。

発明の開示

この発明は、かかる問題点を解決するためになされたものであり、不要な電磁波の影響を抑え、アンテナの性能の向上を図る反射鏡アンテナ装置を得ることを目的とする。

この発明は、上記目的を鑑み、一次放射器が開口部から放射する電波を受けて、当該電波を反射する副反射鏡と、上記副反射鏡が反射する上記電波を受けて、当該電波を空間に放射する主反射鏡とを備え、上記副反射鏡および上記主反射鏡の形状は、上記副反射鏡を上記主反射鏡による電波の放射方向と平行に上記主反射鏡上に投影した上記主反射鏡の領域における電力が所定の第 1 のしきい値以下で、かつ、上記領域以外の上記主反射鏡の領域によって決定されるアンテナの放射パターンが所望の特性になるように設計されている反射鏡アンテナ装置である。

これにより、この発明によれば、上記副反射鏡および上記主反射鏡の形状を、上記副反射鏡を上記主反射鏡による電波の放射方向と平行に上記主反射鏡上に投影した上記主反射鏡の領域における電力が所定の第 1 のしきい値以下で、かつ、上記領域以外の上記主反射鏡の領域によって決定されるアンテナの放射パターンが所望の特性になるように設計するようにしたので、不要な電磁波の影響を抑え、アンテナの性能の向上を図ることができる。

図面の簡単な説明

図 1 は、本発明の実施の形態 1 に係る反射鏡アンテナ装置の (a) 構成を示す説明図および (b) 初期形状と座標系を示す説明図である。

図 2 は、本発明の実施の形態 1 に係る反射鏡アンテナ装置における副反射鏡および主反射鏡の形状を決定する処理の流れを示す流れ図である。

図 3 は、本発明の実施の形態 2 に係る反射鏡アンテナ装置の構成を示す説明図である。

図 4 は、本発明の実施の形態 2 に係る反射鏡アンテナ装置における副反射鏡および主反射鏡の形状を決定する処理の流れを示す流れ図である。

図 5 は、本発明の実施の形態 3 に係る反射鏡アンテナ装置の構成を示す (a) 投影図、(b) 断面 G 1 における断面図および (c) 断面 G 2 における断面図である。

図 6 は、本発明の実施の形態 3 に係る反射鏡アンテナ装置の (a) X Z 面の初期形状と座標系を示す説明図および (b) Y Z 面の初期形状と座標系を示す説明図である。

図 7 は、本発明の実施の形態 4 に係る反射鏡アンテナ装置の構成を示す (a) 断面 G 1 における断面図および (b) 断面 G 2 における断面図である。

図 8 は、本発明の実施の形態 5 に係る反射鏡アンテナ装置の構成を示す説明図である。

図 9 は、本発明の実施の形態 6 に係る反射鏡アンテナ装置の構成を示す説明図である。

図 10 は、本発明の実施の形態 7 に係る反射鏡アンテナ装置の構成を示す説明図である。

図 11 は、本発明の実施の形態 8 に係る反射鏡アンテナ装置の構成を示す説明図である。

図 12 は、従来の反射鏡アンテナ装置の構成を示す説明図である。

発明を実施するための最良の形態

実施の形態 1.

本発明の実施の形態 1 に係わる反射鏡アンテナ装置の構成を図 1 に示す。図 1

(a) に示すように、本実施の形態 1 に係る反射鏡アンテナは、一次放射器 3 から放射される電波を受け反射する副反射鏡 1 と、副反射鏡 1 で反射される電波を受け空間に電波を放射する主反射鏡 2 から構成されている。また、副反射鏡 1 を空間的に支えるためのステー 5 が、主反射鏡 2 上に設けられている。

一次放射器 3 から放射された電磁波は副反射鏡 1 で反射され、さらに主反射鏡 2 で反射されて、空間に電波を放射する。この反射鏡アンテナ装置において、アンテナの性能劣化を引き起こすリスクを低減するためには、副反射鏡 1 を主反射鏡 2 による電波の放射方向と平行に主反射鏡 2 上に投影した主反射鏡 2 の領域 A に到来する電磁波の強度を抑え、かつ、領域 A 以外の主反射鏡 2 の領域である領域 B に到来する電磁波で規定されるアンテナ特性の利得および放射パターンが所望の特性が得られるよう設計する必要がある。

また、領域 A に到来する電磁波の強度およびアンテナ特性は幾何光学的な手法ではなく、物理光学法などの波動的な影響を考慮できる手法で計算する必要がある。

そのため、本実施の形態においては、物理光学法などの波動的な影響を考慮できる手法で、領域 A に到来する電磁波の強度を所定の値以下に抑え、かつ、領域 A 以外の主反射鏡 2 の領域 B に到来する電磁波で規定されるアンテナ特性の利得および放射パターンが所望の特性が得られるように、副反射鏡および主反射鏡の形状の最適化を行い、アンテナ設計をするようにした。なお、電磁波の強度に関する上記所定の値と、アンテナ特性の利得および放射パターンに関する所望の特性とについては、いずれも、最適化手法の計算を始める前に適宜決定しておくものとする。

図 2 に、本実施の形態に係る設計手順を示す。この設計手順において所望の特性が得られるようアンテナ設計を行う際には、非線形最適化手法で繰り返し計算を行い最適化する。最適化手法としては、遺伝的アルゴリズム (Yahya Rahmat-Samii, Electromagnetic Optimization by Genetic Algorithm, John Wiley & Sons, Inc) に基づく最適化も有効である。

本実施の形態に係る設計手順においては、図 2 に示すように、まず、副反射鏡 1 の形状を決定する (ステップ S 1)。決定方法としては、例えば、所定の関数

を与えて、当該関数のパラメータに適宜数値を入れて、決定する。この関数の取り方により、図12に示すような単なる凸面鏡や、図1に示すような表面形状に凹凸のうねりがあるもの等様々な形状を選ぶことができる。次に、同様の方法により、主反射鏡2の形状を決定する（ステップS2）。次に、領域Aの電磁波を計算することにより、領域Aの電力について評価する（ステップS3）。領域Aには、幾何学的には電磁波が到来しないはずであるが、実際には電磁波の波動的性質により電磁波が到来してしまい、当該電磁波によりアンテナの性能劣化を引き起こすため、出来る限り、この電磁波を抑えることができるように、副反射鏡1および主反射鏡2の形状を選ぶことができれば、アンテナの性能劣化を抑制することができる。

次に、領域A以外の主反射鏡2の領域Bに到来する電磁波で決定されるアンテナ特性の利得および放射パターンを計算する（ステップS4）。このアンテナ特性の利得および放射パターンが所望の特性が得られるように、副反射鏡1および主反射鏡2の形状を選ぶことができれば、アンテナの性能の向上を図ることができる。

そのため、次に、ステップS3で求めた領域Aの電力が予め設定された所定の値以下で、かつ、ステップS4で求めたアンテナ特性の利得および放射パターンが予め設定された所望の特性を得ているか否かを判定する（ステップS5）。ステップS5で2つの条件を満たしていない場合には、図2の処理のはじめに戻り、ステップS1およびS2により、副反射鏡1および主反射鏡2の形状を変更して、同じ処理を行う。このようにして、2つの条件を満たすことができるまで、非線形最適化手法で繰り返し計算を行って、最適化する。

以下では、上述のステップS1およびステップS2で決定している鏡面形状の例について説明する。まず、図1(b)に示すように座標系をとり反射鏡アンテナの初期形状を決定する。副反射鏡1および主反射鏡2の座標を極座標系で定義し、原点から副反射鏡1上の端部の見込み角を θ_0 とする。副反射鏡座標 P^0 、

(θ, ϕ) は原点からの距離 r 。 (θ, ϕ) と原点から副反射鏡1上の方向ベクトル e_r 、ハットとにより次式で与えられる。

$$\mathbf{P}_s^0(\theta, \phi) = r_0(\theta, \phi) \hat{\mathbf{e}}_r \quad \{0 \leq \theta \leq \theta_0, 0 \leq \phi \leq 2\pi\} \quad (1)$$

$$\hat{\mathbf{e}}_r = (\sin \theta \cos \phi, \sin \theta \sin \phi, \cos \theta) \quad (2)$$

$$\hat{\mathbf{n}}_s = \frac{\frac{\partial \mathbf{P}_s^0(\theta, \phi)}{\partial \theta} \times \frac{\partial \mathbf{P}_s^0(\theta, \phi)}{\partial \phi}}{\left| \frac{\partial \mathbf{P}_s^0(\theta, \phi)}{\partial \theta} \times \frac{\partial \mathbf{P}_s^0(\theta, \phi)}{\partial \phi} \right|} \quad (3)$$

ここで、 $\hat{\mathbf{n}}_s$ は副反射鏡 1 上の法線ベクトルである。主反射鏡 2 の座標 $\mathbf{P}_m^0(\theta, \phi)$ は、副反射鏡 1 における反射方向 $\hat{\mathbf{e}}_s$ ハットと副反射鏡 1 上の点から主反射鏡 2 上の点までの距離 $S_0(\theta, \phi)$ とにより次式で与えられる。

$$\mathbf{P}_m^0(\theta, \phi) = \mathbf{P}_s^0(\theta, \phi) + S_0(\theta, \phi) \hat{\mathbf{e}}_s \quad (4)$$

$$\hat{\mathbf{e}}_s = \hat{\mathbf{e}}_r - 2(\hat{\mathbf{n}}_s \cdot \hat{\mathbf{e}}_r) \hat{\mathbf{n}}_s \quad (5)$$

距離 $r_0(\theta, \phi)$ と $S_0(\theta, \phi)$ を与えることにより反射鏡の形状が決定されるが、初期値としてはカセグレンアンテナあるいはグレゴリアンアンテナなどのように、副反射鏡形状が双曲面あるいは楕円曲面で、主反射鏡形状が放物面になるように $r_0(\theta, \phi)$ および $S_0(\theta, \phi)$ を定義すればよい。

次に、様々な反射鏡の形状を表現するため、この初期形状に以下の変位量を加算した、新たな副反射鏡座標 $\mathbf{P}_s(\theta, \phi)$ および主反射鏡 $\mathbf{P}_m(\theta, \phi)$ を次式により規定する。

$$\mathbf{P}_s(\theta, \phi) = \mathbf{P}_s^0(\theta, \phi) + r(\theta, \phi) \hat{\mathbf{e}}_r \quad (6)$$

$$r(\theta, \phi) = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} f_{mn} J_m(\lambda_m \theta / \theta_0) \cos n\phi \quad (7)$$

$$\mathbf{P}_m(\theta, \phi) = \mathbf{P}_m^0(\theta, \phi) + s(\theta, \phi) \hat{\mathbf{e}}_s \quad (8)$$

$$s(\theta, \phi) = \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} g_{mn} J_m(\lambda_m \theta / \theta_0) \cos n\phi \quad (9)$$

ここで、 λ_m は m 次の第一種ベッセル関数の最初の根であり、 $\mathbf{P}_s(\theta_0, \phi) = \mathbf{P}_m(\theta_0, \phi) = 0$ を満たし、副反射鏡 1 および主反射鏡 2 の位置を拘束することを意味する。副反射鏡形状および主反射鏡形状を規定する各関数の係数 f

m_n , g_{m_n} を変えることで、様々な形状の反射鏡アンテナを表すことができる。

反射鏡アンテナの形状が規定されれば物理光学法を用いることによってステップ S 3 の領域 A の電力、ステップ S 4 の利得および放射パターンを求めることができる。遺伝的アルゴリズムを用いた最適化を行う場合、あるパラメータを決めたときにそれに対する評価関数が規定される場合、この評価関数を最大にするパラメータを求めることができる。従って、ステップ S 5 では、利得および放射パターンが所望の値で、かつ、領域 A の電力が所望の値以下になったときに差以内になるよう評価関数を規定する。このような評価関数として E_{all} を次式のように規定する。

$$E_{all} = E_{gain} + E_{pat} + E_{blocking} \quad (10)$$

$$E_{gain} = \text{利得で規定される評価関数} \quad (11)$$

$$E_{pat} = \text{パターンで規定される評価関数} \quad (12)$$

$$E_{blocking} = \text{副鏡遮蔽領域 (領域 A) の電力で規定される評価関数} \quad (13)$$

ここで、以下の関数を定義する。

$$\begin{aligned} u(x) &= A_1 (x - x_b) + B_1 & (x \leq x_b) & \quad (A_1 : \text{正の値}) \\ &= B_1 & (x > x_b) & \end{aligned} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} v(x) &= B_1 & (x \leq x_b) \\ &= A_1 (x - x_b) + B_1 & (x > x_b) & \quad (A_1 : \text{正の値}) \end{aligned} \quad (15)$$

$u(x)$ は x_b 以下の領域において A_1 で単調増加し、 x_b 以上で一定値 B_1 をとる関数で、 $v(x)$ は x_b 以下の領域で一定値 B_1 をとり、 x_b 以上で傾き A_1 で単調減少する関数である。従って、関数 $u(x)$ は引数が一定値以上、関数 $v(x)$ は一定値以下の値を実現するために用いる。例えば利得を所望の値以上にするため関数 $u(x)$ を用い、放射パターンを規定のパターン以下、領域 A の電力を所望の値以下にするため、関数 $v(x)$ を用いる。

あるパラメータで決定される修整鏡面での利得の値を g 、利得の目標値を g_t

targetとすると、評価関数 E_{gain} は以下のように規定できる。

$$E_{gain} = u(g) \quad (16)$$

(A_1, B_1 : 適切な値、 $x_b = g_{target}$)

また、放射パターンの評価点数を N_{pat} とし、各評価点でのサイドローブレベルを s_i ($i = 1, \dots, N_{pat}$)、目標値を s_{target} とすると、評価関数 E_{pat} は以下のように規定できる。

$$E_{pat} = \sum_{i=1}^{N_{pat}} v(s_i) \quad (17)$$

(A_1, B_1 : 適切な値、 $x_b = s_{target}$)

この目標値は、アンテナのサイドローブマスクが規定されている場合には、そのマスクパターンそのもの、あるいは、多少マージンを見込んだものを設定すればよい。

また、副反射鏡遮蔽領域の電力の評価点数を $N_{blocking}$ とし、各評価点での電力を p_i ($i = 1, \dots, N_{blocking}$)、目標値を $p_{blocking}$ とすると、評価関数 $E_{blocking}$ は以下のように規定できる。

$$E_{blocking} = \sum_{i=1}^{N_{blocking}} v(p_i) \quad (18)$$

(A_1, B_1 : 適切な値、 $x_b = p_{blocking}$)

以上において各評価関数で A_1, B_1 の値は各評価関数の重要度から適切に値を決める必要がある。この評価関数を遺伝的アルゴリズムで最適化することにより、利得が所望の値以上、放射パターンを規定のパターン以下、領域Aの電力を所望の値以下にする鏡面パラメータ、すなわち、鏡面形状を決定することができる。

以上のように、本実施の形態においては、非線形最適化手法により、領域Aの電力が予め設定された所定の値以下で、かつ、アンテナ特性の利得および放射パターンが予め設定された所望の特性を得ることができるまで計算を繰り返して、副反射鏡1および主反射鏡2の形状を決定するようにしたので、高性能な特性を有し、アンテナの性能劣化を最小限に抑えた反射鏡アンテナを得ることができる。

なお、反射鏡アンテナが小型になると、副反射鏡の大きさが波長比で小さくなってしまいますので、通常であれば領域Aへ電波が到来しやすくなるが、本実施の形態による図2の設定手順でアンテナ設計を行えば、性能劣化を抑えることができる。このように、性能劣化を引き起こしやすい、小型反射鏡アンテナに特に本実施の形態は有効である。

実施の形態2

図3に本実施の形態1に係る反射鏡アンテナの構成を示し、図4にその設計手順を示す。上述の実施の形態1では、領域Aの電力低減のみを考慮していたが、本実施の形態においては、その代わりに、一次放射器3の開口面（または、開口部という。図3の領域C）での電力を低減すること、あるいは、領域Aおよび領域Cの双方の領域の電力の低減を考慮して、アンテナ設計を行うことを特徴とする。なお、以下の説明においては、領域Aおよび領域Cの双方の領域の電力の低減を考慮した場合について説明する。

図3に示すように、本実施の形態に係る反射鏡アンテナの構成は、上述の図1に示したものと基本的に同じであるため、ここでは、その説明を省略する。

次に、本実施の形態に係る設計手順を図4を用いて説明する。本実施の形態に係る設計手順においては、図4に示すように、まず、副反射鏡1の形状を決定する（ステップS11）。決定方法としては上述と同様である。次に、同様の方法により、主反射鏡2の形状を決定する（ステップS12）。次に、領域Aおよび領域Cの電磁波を計測することにより、領域Aおよび領域Cの電力について評価する（ステップS13）。領域Cにおいては、一次放射器3による散乱波が発生するため、これにより、望ましくない寄与を生じ、アンテナの特性劣化を引き起こしてしまうので、出来る限り、この散乱波の発生を抑えることができるように、

副反射鏡 1 および主反射鏡 2 の形状を選ぶことができれば、アンテナの性能劣化を抑制することができる。領域 A については、上述の実施の形態 1 で述べた通りである。次に、領域 A 以外の主反射鏡 2 の領域 B に到来する電磁波で決定されるアンテナ特性の利得および放射パターンを計算する（ステップ S 1 4）。これについては、上述の実施の形態 1 で述べた通りである。次に、ステップ S 1 3 で求めた領域 A および領域 C の電力が予め設定された所定の値以下で、かつ、ステップ S 1 4 で求めたアンテナ特性の利得および放射パターンが予め設定された所望の特性を得ているか否かを判定する（ステップ S 1 5）。ステップ S 1 5 で 2 つの条件を満たしていない場合には、図 4 の処理のはじめに戻り、ステップ S 1 1 および S 1 2 により、副反射鏡 1 および主反射鏡 2 の形状を変更して、同じ処理を行う。このようにして、2 つの条件を満たすことができるまで、非線形最適化手法で繰り返し計算を行って、最適化する。

以上のように、本実施の形態においても、非線形最適化手法でアンテナの設計の最適化を行うようにしたので、実施の形態 1 と同様に、高性能な特性を有し、アンテナの性能劣化を最小限に抑えた反射鏡アンテナを得ることができる。本実施の形態においては、一次放射器 3 による散乱波による性能劣化を考慮するようにしたので、反射鏡アンテナが小型になり、一次放射器 3 と副反射鏡 1 の距離が近くなったときに、特に有効である。

実施の形態 3.

本実施の形態 3 に係る反射鏡アンテナ装置について説明する。本実施の形態は、非対称な反射鏡アンテナ装置に関して実施の形態 1 と同じ設計手法を用い高性能なアンテナを実現するものである。図 5 (a) はアンテナを Z 軸方向からみた投影図である。図 5 (b) は図 5 (a) における断面 G 1 を示し、図 5 (c) は図 5 (a) の断面 G 2 を示す。

設計手順は実施の形態 1 の図 2 で説明したものと同一であるが、非対称な反射鏡アンテナ装置を実現するため、図 6 に示すように座標系をとり、副反射鏡 1 および主反射鏡 2 の初期形状を決定する。副反射鏡 1 および主反射鏡 2 の座標を極座標系で定義し、原点から副反射鏡 1 上の端部の見込み角を θ_0 とする。副反射

鏡座標 $P_s^0(\theta, \phi)$ は原点からの距離 $r_0(\theta, \phi)$ と原点から副反射鏡 1 上の方向ベクトル \hat{e}_r ハットとにより次式で与えられる。

$$P_s^0(\theta, \phi) = r_0'(\theta, \phi) \hat{e}_r \quad \{0 \leq \theta \leq \theta_0, 0 \leq \phi \leq 2\pi\} \quad (19)$$

$$\hat{e}_r = (\sin \theta \cos \phi, \sin \theta \sin \phi, \cos \theta) \quad (20)$$

$$\hat{n}_s = \frac{\frac{\partial P_s^0(\theta, \phi)}{\partial \theta} \times \frac{\partial P_s^0(\theta, \phi)}{\partial \phi}}{\left| \frac{\partial P_s^0(\theta, \phi)}{\partial \theta} \times \frac{\partial P_s^0(\theta, \phi)}{\partial \phi} \right|} \quad (21)$$

ここで、 \hat{n}_s ハットは副反射鏡 1 上の法線ベクトルである。主反射鏡 2 の座標 $P_m^0(\theta, \phi)$ は、副反射鏡 1 における反射方向 \hat{e}_s ハットと副反射鏡 1 上の点から主反射鏡 2 上の点までの距離 $S_0(\theta, \phi)$ とにより次式で与えられる。

$$P_m^0(\theta, \phi) = P_s^0(\theta, \phi) + S_0'(\theta, \phi) \hat{e}_s \quad (22)$$

$$\hat{e}_s = \hat{e}_r - 2(\hat{n}_s \cdot \hat{e}_r) \hat{n}_s \quad (23)$$

ここで距離 $r_0'(\theta, \phi)$ と $S_0'(\theta, \phi)$ は ϕ の値によって異なり非対称な鏡面を実現するように決定される。

例えば非対称鏡面でかつ幾何光学的に決定される経路 “ $r_0'(\theta, \phi) + S_0'(\theta, \phi) + t_0$ ” が一定となる、幾何光学的手法で設計された鏡面を用いることができる。この初期形状の反射鏡アンテナに対して図 2 で示す設計手順に従って反射鏡アンテナを設計すればよい。実施の形態 1 で用いた式 (6) ~ (9) の展開関数、式 (10) ~ 式 (13)、式 (16)、式 (17) および式 (18) の評価関数はそのまま用いることができ、鏡面の初期形状において非対称な反射鏡アンテナとなっているため、非対称な反射鏡を設計することができる。

本実施の形態においては非対称な反射鏡アンテナにおいても実施の形態 1 と同様にアンテナの性能劣化を最小限に抑えた高性能な反射鏡アンテナを得ることができる。また、本実施の形態も、実施の形態 1 と同様に、性能劣化を引き起こしやうい、小型反射鏡アンテナに特に有効である。

実施の形態 4.

本実施の形態に係る反射鏡アンテナ装置について説明する。本実施の形態は、非対称な反射鏡アンテナ装置に関して、実施の形態 2 と同じ設計手法を用い高性能なアンテナを実現するものである。すなわち一次放射器 3 の開口面（または、開口部という。図 7 の領域 C）での電力を低減すること、あるいは、領域 A および領域 C の双方の領域の電力の低減を考慮して、アンテナ設計を行うことを特徴とする。図 7（a）はアンテナの断面 G 1 での断面図を示し、図 7（b）は断面 G 2 での断面図を示す。なお、図 7 のアンテナ装置の Z 軸方向からみた投影図については、図 5（a）を参照することとする。

なお、設計手順は、以下の説明において、領域 A および領域 C の双方の領域の電力の低減を考慮した場合について説明する。

設計手順は実施の形態 2 の図 4 で説明したものの同じであるが、非対称な反射鏡アンテナ装置を実現するため、副反射鏡 1 および主反射鏡 2 の初期形状を、上式（19）～（21）および上式（22）～（23）でそれぞれ与え、距離 r' 、 (θ, ϕ) と S' 、 (θ, ϕ) が ϕ の値によって異なり非対称な鏡面を実現しているようにしている点が異なる。

本実施の形態においては非対称な反射鏡アンテナにおいても実施の形態 1 と同様にアンテナの性能劣化を最小限に抑えた高性能な反射鏡アンテナを得ることができる。また、本実施の形態も、実施の形態 1 と同様に、性能劣化を引き起こしやすい、小型反射鏡アンテナに特に有効である。

実施の形態 5.

本実施の形態に係る反射鏡アンテナ装置について図 8 を用いて説明する。本実施の形態は、一次放射器 3 の開口面の周辺部に電波吸収体 6 A を装荷したことを特徴とする。これにより、一次放射器 3 の開口面に到来する電波を電波吸収体 6 A により吸収することができるので、一次放射器 3 による散乱波の発生を抑え、散乱波による性能劣化を抑制することができる。他の構成は、上記の実施の形態 1 または 2 と同じであり、ここでは、その説明を省略するが、副反射鏡 1 および主反射鏡 2 の形状は、上記の実施の形態 1 または 2 のいずれかの設計手順により

決定されたものであるとする。

以上のように、本実施の形態においては、一次放射器 3 の開口面の周辺部に電波吸収体 6 A を設けて、一次放射器 3 の開口面で散乱する電力を抑えるようにしたので、アンテナの性能劣化を抑制することができるという効果が得られる。

なお、本実施の形態における反射鏡アンテナ装置は、装置が小型になり、一次放射器 3 と副反射鏡 1 の距離が近くなったときに特に有効である。

実施の形態 6.

本実施の形態に係る反射鏡アンテナ装置について図 9 を用いて説明する。本実施の形態は、一次放射器 3 の側面に電波吸収体 6 B を装荷したことを特徴とする。これにより、一次放射器 3 の側面に到来する電波により発生する散乱波を電波吸収体 6 B により吸収することができるので、散乱波による性能劣化を抑制することができる。他の構成は、上記の実施の形態 1 または 2 と同じであり、ここでは、その説明を省略するが、副反射鏡 1 および主反射鏡 2 の形状は、上記の実施の形態 1 または 2 のいずれかの設計手順により決定されたものであるとする。

以上のように、本実施の形態においては、一次放射器 3 の側面に電波吸収体 6 B を設けて、一次放射器 3 の側面で散乱する電力を抑えるようにしたので、アンテナの性能劣化を抑制することができるという効果が得られる。

なお、本実施の形態における反射鏡アンテナ装置は、装置が小型になり、一次放射器 3 と副反射鏡 1 の距離が近くなったときに、一次放射器 3 による散乱波による性能劣化を特に抑制できるという効果がある。

実施の形態 7.

本実施の形態に係る反射鏡アンテナ装置について図 10 を用いて説明する。本実施の形態は、副反射鏡 1 を主反射鏡 2 に投影した領域 A に電波吸収体 6 C を装荷したことを特徴とする。これにより、領域 A における主反射鏡 2 と副反射鏡 1 間の多重反射波を電波吸収体 6 C により吸収することができるので、多重反射波による性能劣化を抑制することができる。他の構成は、上記の実施の形態 1 または 2 と同じであり、ここでは、その説明を省略するが、副反射鏡 1 および主反射

鏡 2 の形状は、上記の実施の形態 1 または 2 のいずれかの設計手順により決定されたものであるとする。

以上のように、本実施の形態においては、領域 A に電波吸収体 6 C を設けて、領域 A と副反射鏡 1 間の多重反射波を抑制するようにしたので、アンテナの性能劣化を抑制することができるという効果が得られる。

なお、本実施の形態における反射鏡アンテナ装置は、装置が小型になり、主反射鏡 2 と副反射鏡 1 の距離が近くなったときに特に有効であり、その場合にも、高性能なアンテナを実現することができる。

なお、図 10 の例においては、電波吸収体 6 C が板状のものが記載されているが、この場合に限らず、領域 A の表面に沿うように設けるようにしてもよい。

実施の形態 8.

本実施の形態に係る反射鏡アンテナ装置について図 11 を用いて説明する。本実施の形態は、副反射鏡 1 を主反射鏡 2 に投影した領域 A に、一次放射器 3 による電波の放射方向に対して所定の傾斜をつけて、電磁波を反射させるための金属板等から構成された反射板 7 を装荷したことを特徴とする。なお、当該所定の傾斜とは、例えば、図 11 に示すように、一次放射器 3 による電波の放射方向と反射板 7（または反射板 7 の延長線）とがなす角を α とすると、 α の値が $90^\circ \leq \alpha \leq 180^\circ$ の範囲になるように適宜設定する。これにより、本実施の形態における反射鏡アンテナでは、領域 A に到来する電磁波をこの反射板 7 で副反射鏡 1 の方向以外に反射することができるため、領域 A と副反射鏡 1 間の多重反射を抑制し、アンテナの性能劣化を抑制できるという効果がある。

なお、本実施の形態に係る反射鏡アンテナ装置は、装置が小型になり、主反射鏡 2 と副反射鏡 1 の距離が近くなったときに特に有効であり、その場合も高性能なアンテナを実現することができる。

実施の形態 9.

上述の実施の形態 1 および 2 においては、ステップ S1 および S2 で、副反射鏡 1 および主反射鏡 2 の形状を決定する例について示したが、その場合に限らず、

例えば、主反射鏡 2 の形状は固定としておき、副反射鏡 1 の形状のみを非線形最適化手法で最適化するようにしてもよい。また、その逆で、副反射鏡 1 の形状を固定としてもよい。この場合には、上述の実施の形態 1 または 2 と同様の効果が得られるとともに、さらに、いずれか一方の反射鏡の形状についての決定処理がなくなるので、計算負荷を減らすことができる。

また、上述の実施の形態 5、6 および 7、あるいは、実施の形態 5、6 および 8 は、適宜組み合わせてよく、その場合には、電磁波をさらに抑制できるので、アンテナの性能をより高くすることができる。

請 求 の 範 囲

1. 一次放射器が開口部から放射する電波を受けて、当該電波を反射する副反射鏡と、

上記副反射鏡が反射する上記電波を受けて、当該電波を空間に放射する主反射鏡と

を備え、

上記副反射鏡および上記主反射鏡の形状は、上記副反射鏡を上記主反射鏡による電波の放射方向と平行に上記主反射鏡上に投影した上記主反射鏡の領域における電力が所定の第1のしきい値以下で、かつ、上記領域以外の上記主反射鏡の領域によって決定されるアンテナの放射パターンが所望の特性になるように設計されている

ことを特徴とする反射鏡アンテナ装置。

2. 一次放射器が開口部から放射する電波を受けて、当該電波を反射する副反射鏡と、

上記副反射鏡が反射する上記電波を受けて、当該電波を空間に放射する主反射鏡と

を備え、

上記副反射鏡および上記主反射鏡の形状は、上記一次放射器の開口部における電力が所定の第2のしきい値以下で、かつ、上記副反射鏡を上記主反射鏡による電波の放射方向と平行に上記主反射鏡上に投影した上記主反射鏡の領域以外の他の上記主反射鏡の領域によって決定されるアンテナの放射パターンが所望の特性になるように設計されている

ことを特徴とする反射鏡アンテナ装置。

3. 一次放射器の開口部から放射される電波を受けて、当該電波を反射する副反射鏡と、

上記副反射鏡により反射される上記電波を受けて、当該電波を空間に放射する

主反射鏡と

を備え、

上記副反射鏡および上記主反射鏡の形状は、上記副反射鏡を上記主反射鏡による電波の放射方向と平行に上記主反射鏡上に投影した上記主反射鏡の領域における電力が所定の第1のしきい値以下で、上記一次放射器の開口部における電力が所定の第2のしきい値以下で、かつ、上記領域以外の上記主反射鏡の領域によって決定されるアンテナの放射パターンが所望の特性になるように設計されていることを特徴とする反射鏡アンテナ装置。

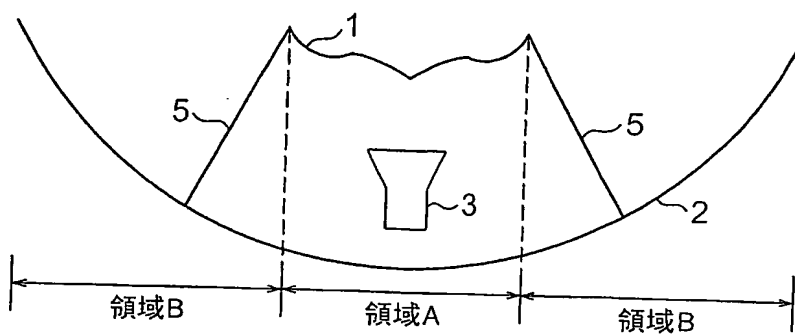
4. 上記一次放射器の開口部の周辺部に、電波を吸収するための電波吸収体を設けたことを特徴とする請求項1ないし3のいずれか1項に記載の反射鏡アンテナ装置。

5. 上記一次放射器の側面に、電波を吸収するための電波吸収体を設けたことを特徴とする請求項1ないし4のいずれか1項に記載の反射鏡アンテナ装置。

6. 上記副反射鏡を上記主反射鏡による電波の放射方向と平行に上記主反射鏡上に投影した上記主反射鏡の上記領域に、電波を吸収するための電波吸収体を設けたことを特徴とする請求項1ないし5のいずれか1項に記載の反射鏡アンテナ装置。

7. 上記副反射鏡を上記主反射鏡による電波の放射方向と平行に上記主反射鏡上に投影した上記主反射鏡の領域に到来する電波を上記副反射鏡の方向以外に反射するための金属板を、上記主反射鏡による電波の放射方向に対して 90° 以上かつ 180° 以下の角度をつけて上記領域に設けたことを特徴とする請求項1ないし5のいずれか1項に記載のアンテナ装置。

(a)



(b)

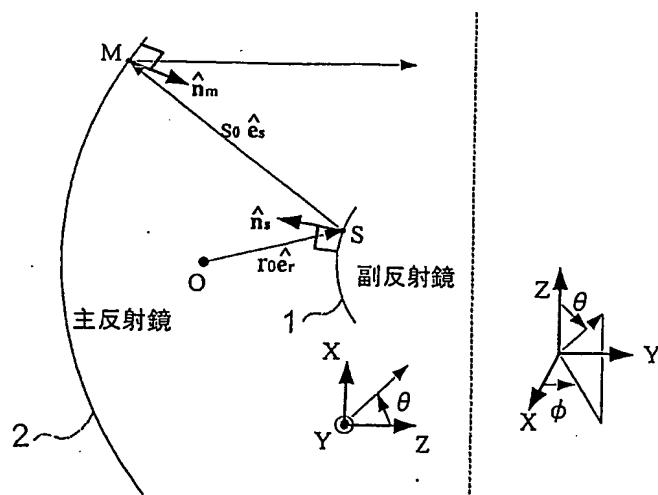


図 2

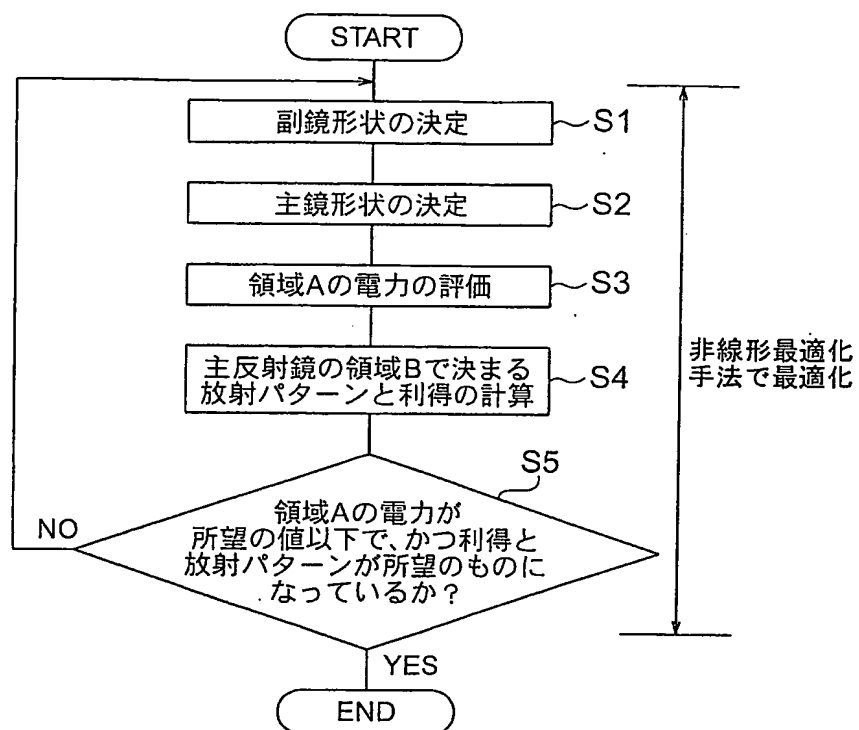


図 3

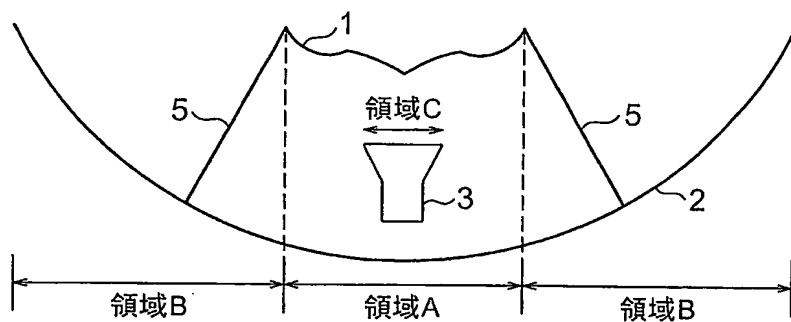


図 4

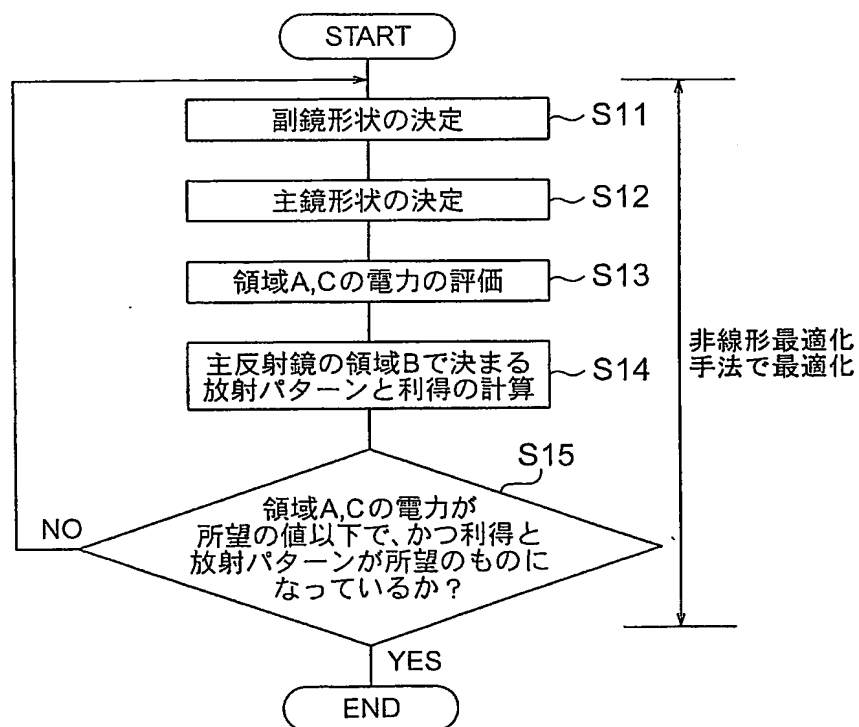


図 5

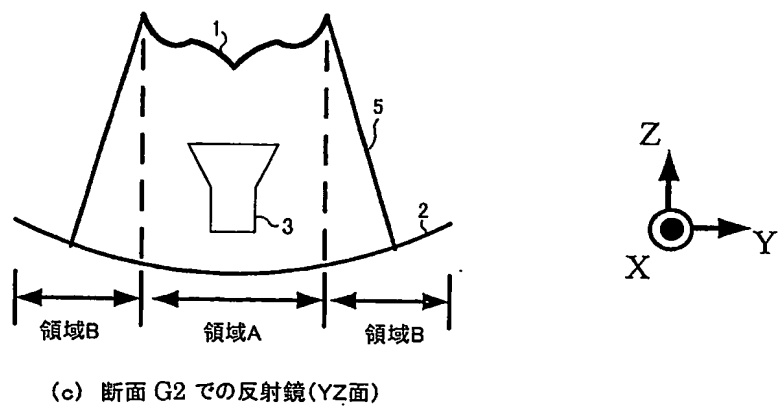
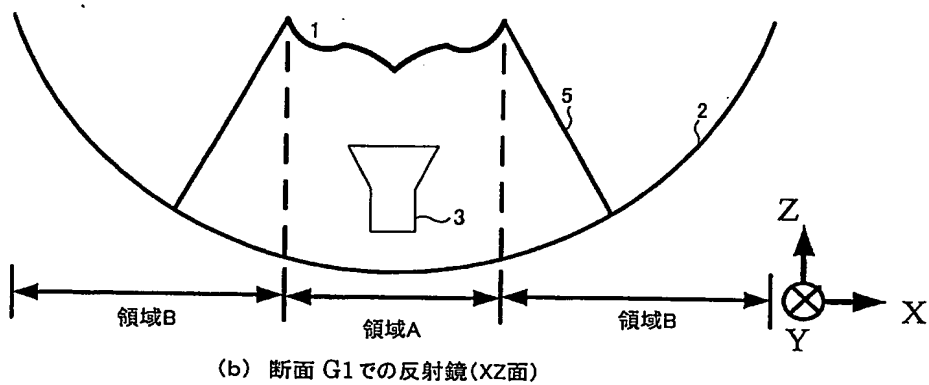
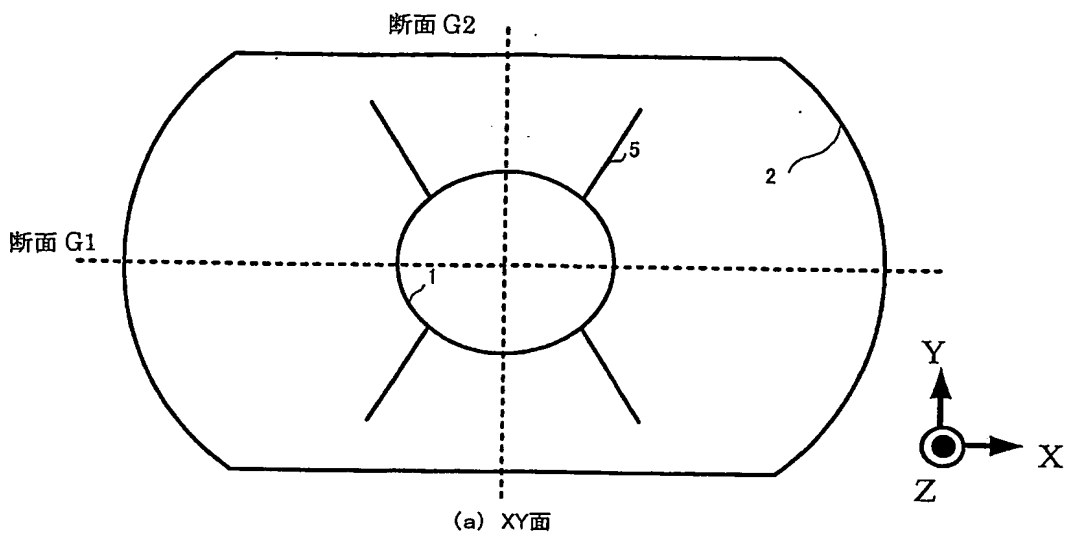
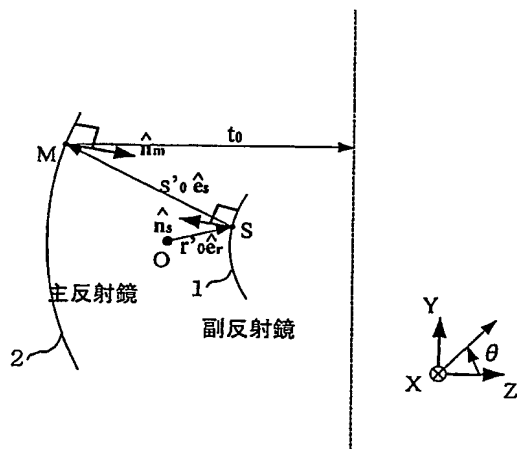


Figure 6 consists of two schematic diagrams, (a) and (b), illustrating the geometry of a catadioptric system. Both diagrams show a main spherical reflector (主反射鏡, labeled 2) and a sub-spherical reflector (副反射鏡, labeled 1). A light ray originates from a source point S on the sub-reflector, passes through a point M on the main reflector, and is directed towards a target point t_0 . The origin of the coordinate system is O . In diagram (a), the XZ plane is shown, with the Z-axis pointing right and the X-axis pointing up. The angle between the Z-axis and the line OS is θ . In diagram (b), the YZ plane is shown, with the Z-axis pointing right and the Y-axis pointing up. The angle between the Z-axis and the line OS is θ . Various unit vectors and distances are labeled: \hat{n}_m is the normal to the main reflector at M ; \hat{n}_s is the normal to the sub-reflector at S ; \hat{e}_s is the unit vector from S to t_0 ; \hat{e}_r is the unit vector from O to S ; r'_{0e_r} is the distance from O to S ; and t_0 is the distance from M to the target point.

(a) XZ面



(b) YZ面

図 7

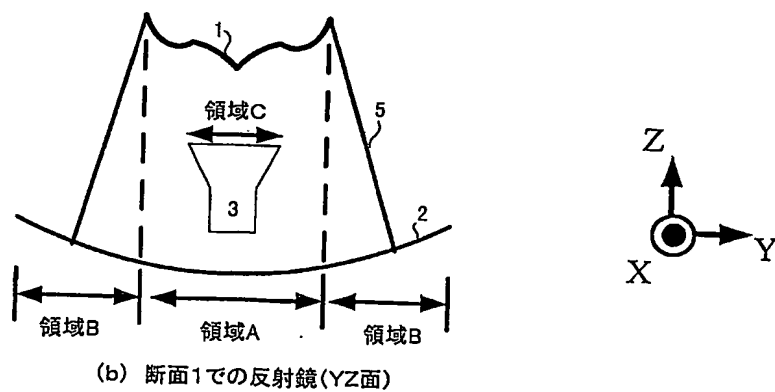
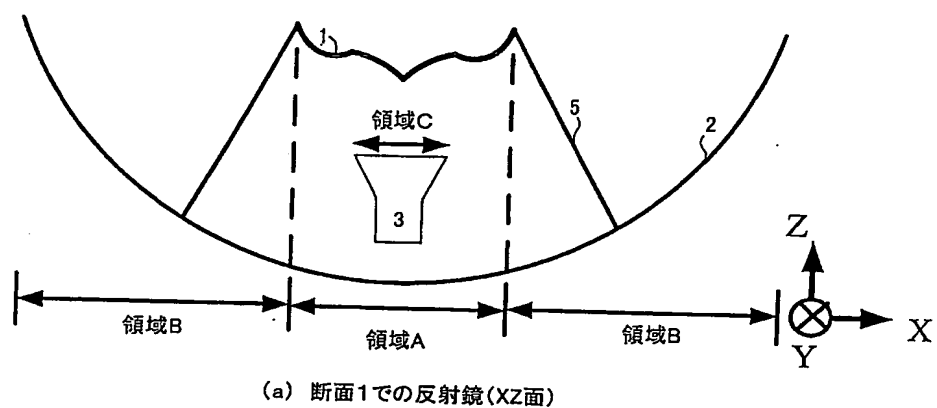


図 8

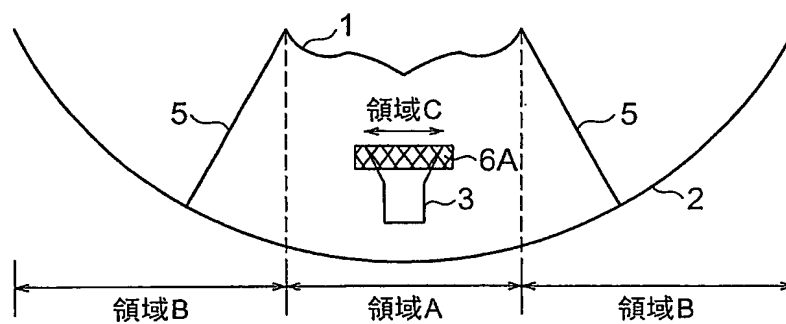


図 9

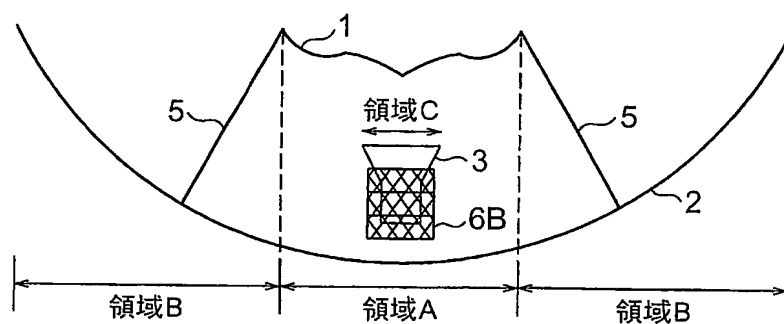


図 10

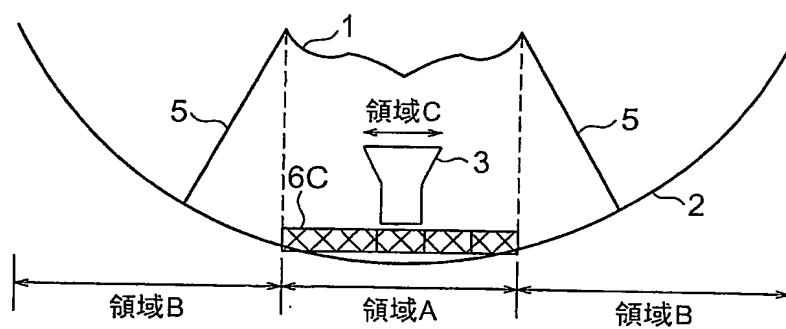


図 11

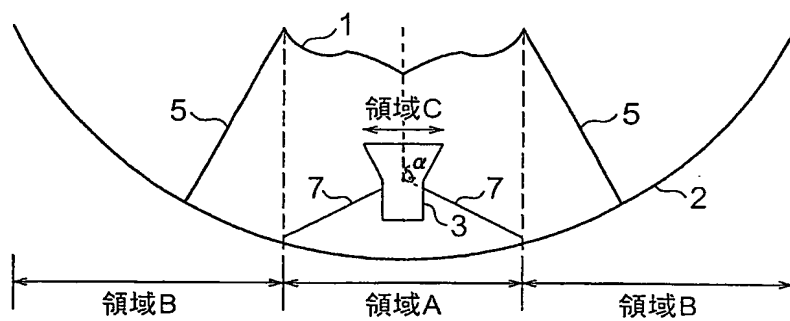


図 12

